In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful









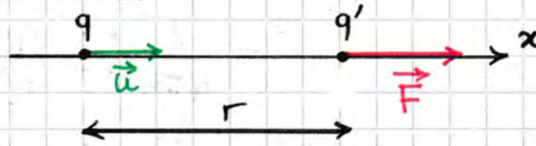
Électricité et Bioélectricité

Chapitre 1 : Électrostatique :

• Introduction :

- Les expériences d'électrisation mettent en évidence les interactions électrostatiques présentes entre 2 ou plusieurs corps chargés
- L'électrostatique est le résultat d'interaction électrique entre des particules chargées aux repos.

• Loi de Coulomb :



$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \frac{qq'}{r^2} \vec{u}$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = K = 9.10^9 \ m^2/C \ (\text{dans le vide}).$$

(avec ε : perméabilité du milieu).

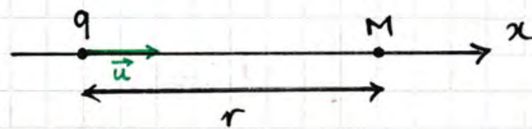
Dans le cadre du "principe de superposition", la force de Coulomb excercée par des charges q_i distant d'une charge q' d'une distance r_i s'écrit :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_i \frac{q_i q'}{r_i^2} \vec{u_i}$$

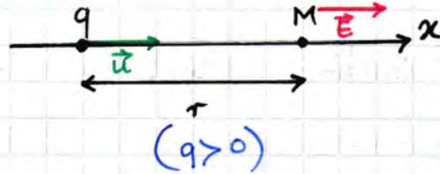
• Champ électrique E :

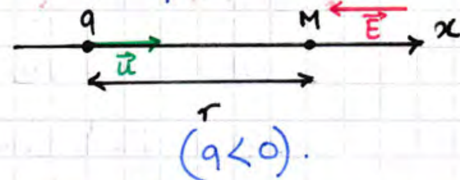
Le champ électrique généré par la charge q en un point M de l'espace distant de la distance r s'écrit :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{u} = \frac{\vec{F}}{q'}.$$



- Lorsque la charge est positive, le champ est dit sortant, lorsque la charge est négative, le champ est dit entrant.





• **Le principe de superposition :** permet d'écrire le champ électrique résultant dû aux charges q_i distant d'une distance r_i du point M :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$

• **Énergie et potentiel.** • **Énergie potentielle U :**

De la même manière que l'on défini l'énergie potentielle de gravitation, l'énergie potentielle d'interaction électrique entre 2 charges q et q' distant de r s'écrit :

$$U = K \frac{qq'}{r} \quad (U_\infty = 0).$$

• **Potentiel électrique V :**

Le potentiel généré par une charge q en un point M de l'espace distant de r s'écrit :

$$V = K \frac{q}{r}$$

- Le potentiel généré par plusieurs charges q_i en un point M de l'espace distant de r_i s'écrit :

$$V = \sum_i K \frac{q_i}{r_i}$$

• **Relation mathématique entre le champ et le potentiel :**

L'objectif est ici de relier mathématiquement le champ et le potentiel, et par la détermination de l'un, en déduire simplement l'autre.

Dans le cas unidimensionnel, l'expression du champ $\vec{E}$ suivant la direction r s'écrit :

$$E_r = -\left[\frac{\partial V}{\partial r}\right]$$

Plus généralement :

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}\ V = -\vec{\nabla} V$$

- **Travail des forces électrostatiques W :**

Le travail fourni pour déplacer une charges q d'un point A à un autre point A' correspond à la variation de l'énergie potentielle entre les 2 états correspondants (état final, état initial)

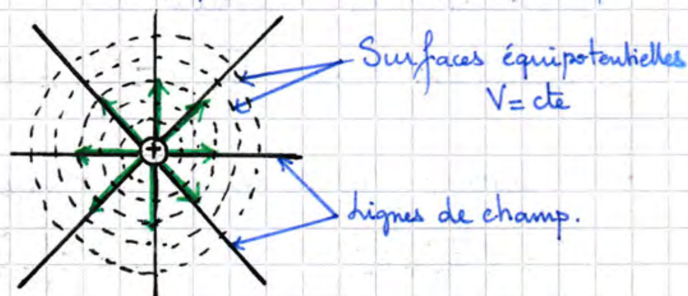
- **Energie interne :**

Soient les charges q_i q_j distant d'une distance d_{ij}, l'énergie interne U s'écrit de manière générale :

$$U = \frac{1}{2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \sum_{j\neq i} \frac{q_i q_j}{d_{ij}}$$

- **Topographie de l'espace électrique :**
- **Caractérisation des lignes de champ :**

On appelle "lignes de champ" ou de "force" les lignes tangentes en chaque point au champ électrique $\vec{E}$ en ce point.



- **Caractérisation des surfaces équipotentielles :**

Une surface équipotentielle est une surface à même potentiel (V = cte).

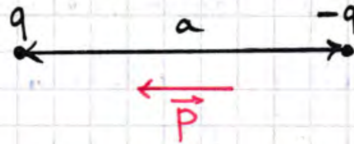
- Le potentiel V décroit toujours le long de la ligne de champ.
- Les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles.

Chapitre 2 : Dipôle électrique

Un dipôle électrique c'est 2 charges q et q' égales en valeur et de signes contraires séparées par une distance a.

Ce dipôle est caractérisé par le moment dipolaire $\vec{p}$ qui s'écrit

$$\vec{p} = q\vec{a}$$



• Potentiel V généré en un point M très éloigné du dipôle $\vec{p}$:

Hypothèse :

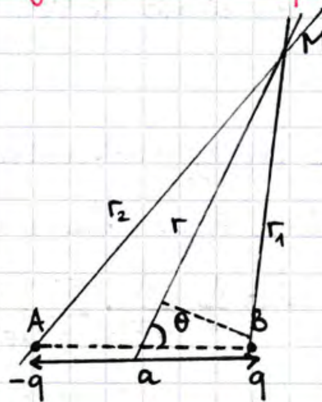
$r \gg a \Rightarrow r^2 \gg a^2$

$\downarrow$

$r^2 \gg a^2\cos^2\theta$

$\downarrow$

$r^2 \gg \frac{a^2}{4}\cos^2\theta$



$$V_M = Kq\left[\frac{a\cos\theta}{r^2 - \frac{a^2}{4}\cos^2\theta}\right]$$

$$V_M = Kq\left[\frac{a\cos\theta}{r^2}\right]$$

$$V_M = Kq\frac{a\cos\theta}{r^2}$$

$$V_M = K\frac{p\cos\theta}{r^2}$$

• Champ électrique E généré en un point M très éloigné du dipôle $\vec{p}$:

L'expression du champ est établie en coordonnées polaires suivant r et suivant θ.

Suivant r :

$$E_r = \frac{-\partial V}{\partial r} = 2Kqa\cos\theta\frac{1}{r^3} = \frac{2p\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

Suivant la composante tangentielle θ :

$$E_\theta = \frac{-1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta} = Kqa\sin\theta\frac{1}{r^3} = \frac{p\sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_\theta^2}$$

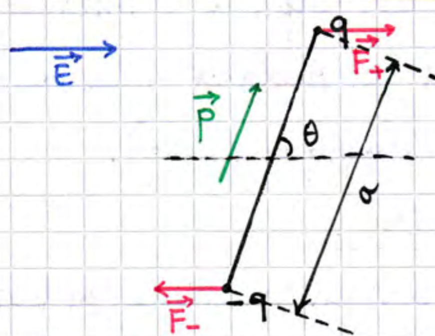
• Dipôle placé dans un champ électrique :

Lorsqu'un dipôle p est placé dans un champ électrique E que l'on suppose identique aux extrémités de celui-ci, les valeurs des forces d'interaction électrostatique sont également identiques à chacune de ces extrémités, cela entraine l'application d'un ~~moment~~ couple de forces qui tend à faire

tourner le dipôle de sorte à l'aligner parallèlement au champ électrique.

Le moment s'écrit : $\vec{M} = \vec{p} \wedge \vec{E} = \|\vec{p}\|.\|\vec{E}\|.\sin\theta$

$= q\,a\|\vec{E}\|\sin\theta$

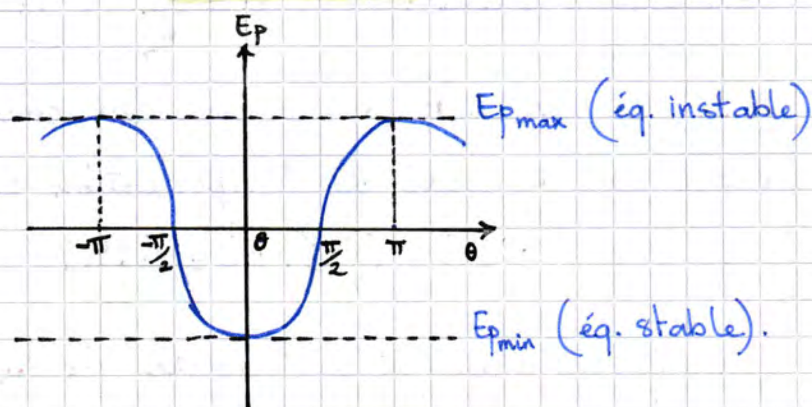


- Le couple des forces électrostatiques tend à aligner le dipôle parallèlement à la direction du champ électrique d'où peuvent en découler 2 positions d'équilibre :
  - La position d'équilibre stable. (Ep_{min}).
  - " " " instable. (Ep_{max}).

- **Expression de l'énergie potentielle Ep :**

L'énergie potentielle d'interaction électrostatique $\vec{Ep}$ d'un dipôle au moment dipolaire $\vec{p}$ qui baigne dans un espace où règne un champ électrique $\vec{E}$ s'écrit :

$$Ep = -\vec{E}.\vec{p}$$



Chapitre 3 : Conducteurs

Définition :

Un conducteur est un corps à l'intérieur duquel les charges libres peuvent se déplacer plus au moins librement (le métal, le corps biologique ... etc).

Conducteur en équilibre :

Un conducteur est dit en équilibre si toutes les charges sont immobiles, en d'autres termes, les charges intérieures ne sont soumises à aucune force.

Propriétés d'un conducteur en équilibre :

- Le champ à l'intérieur d'un conducteur en équilibre est nul ($E = 0$).
- Le conducteur constitue un volume équipotentiel ($V = cste$).
- La charge est nulle à l'intérieur d'un conducteur en équilibre, elle est localisée à la surface.

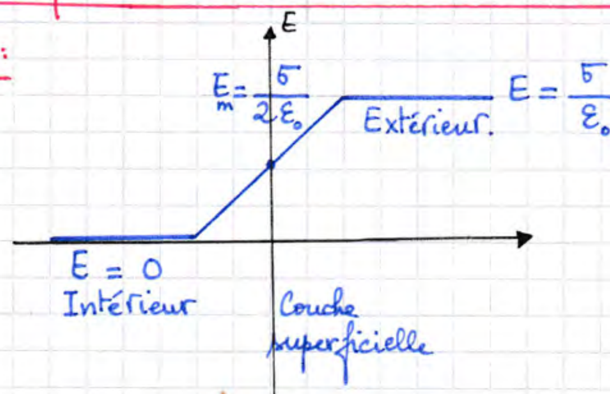
Théorème de Gauss :

L'expression du champ E au voisinage immédiat d'un conducteur s'écrit : $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ (σ : densité surfacique des charges).

N.B. : Ce résultat obtenu pour un conducteur quelconque l'est sur la base de l'application du théorème de Gauss :

$$\phi E = \iint \vec{E} \cdot \vec{ds} = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0}.$$

Champ électrique à la traversée de la surface d'un conducteur :



Le pouvoir des pointes:

Les charges ont tendance à s'accumuler sur les pointes.
ex: pour 2 sphères respectivement de rayons R_1 et R_2 et de charges Q_1 et Q_2 et de densité surfacique σ_1 et σ_2. Il est possible d'écrire lorsque celles-ci sont reliées et à l'équilibre:

$$\sigma_1 R_1 = \sigma_2 R_2.$$

Capacité propre d'un conducteur:

Elle se définie comme: $Q = CV$.
(C: dépend de la forme du conducteur, traduit la plus au moins aptitude qu'a un conducteur d'emmagasiner de la charge).

Énergie interne d'un conducteur.

Elle est définie comme: $E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV$.

N.B.: E est toujours positive $(E > 0)$.

Chapitre 4 : Condensateurs :

Définition :

Soient deux conducteurs A et B séparés par un milieu isolant.

Le système [AB] forme un condensateur, représenté schématiquement par : A ┤├ B (C)

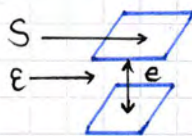
La réalisation de la condensation de l'électricité par l'utilisation de deux conducteurs en influence totale.

La charge du condensateur : $Q = Q_A = Q_B$.

La capacité propre d'un conducteur s'écrit : $Q = CV$.

$(V = V_A - V_B)$.

Application au condensateur plan :



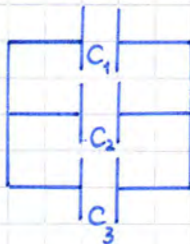
$$C = \frac{\varepsilon S}{e}$$

Énergie interne d'un condensateur :

$$E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV \quad (V = V_A - V_B).$$

Associations de condensateurs :

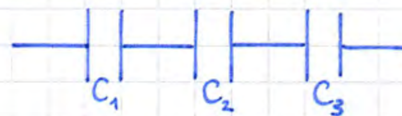
En parallèle :



$C = \sum_i C_i$.

$C = C_1 + C_2 + C_3$

En série :



$$\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Chapitre 5 : Électrocinétique :

Définitions

Électrocinétique : représente l'étude du déplacement de charges libres dans un milieu conducteur où il existe une différence de potentiel entre 2 points de celui-ci.

Courant : peut être considéré comme un transport de charges positives allant du potentiel le plus élevé vers le potentiel le plus bas.

Sens conventionnel du courant : exprime le déplacement de charges positives.

Intensité du courant : soit la charge Q qui traverse pendant le temps t la section S d'un conducteur. (alimenté par un régime permanent). $I = \frac{Q}{t}$

Régime stationnaire : pour un circuit donné (ensemble de conducteurs et d'éléments reliés entre eux). Si les potentiels V_i en différents points de celui-ci sont invariables dans le temps, l'intensité est alors la même à travers toute section du circuit, le régime est dit stationnaire.

Générateur (de tension) : est un appareil qui maintient entre ses bornes une ddp constante. Dans le cadre d'un circuit à régime stationnaire où ce générateur est capable de maintenir l'état de transition qui caractérise le déplacement des charges.



Récepteur : est un appareil capable de transformer l'énergie électrique en mécanique, calorifique, chimique ... etc.

Résistance et résistivité :

Loi d'Ohm : pour un conducteur donné à température constante, le rapport entre la ddp $(V_A - V_B)$ de 2 points A et B de celui-ci au courant électrique I est constant, ce conducteur sera dit ohmique, et on écrit : $R = \frac{V_A - V_B}{I}$

Résistivité : application à un conducteur cylindrique homogène :

$$\rho = \frac{RS}{L}$$

(ρ : résistivité. S : section du conducteur. L : longueur considérée)

Associations de résistances :

En parallèle :

$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

En série :

$$R = \sum_i R_i .$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 .$$

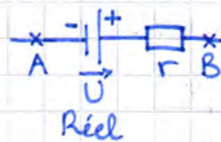
Loi de Joule (puissance dissipée par effet Joule, dégagement de chaleur)

$$P = \frac{W}{t} = RI^2 .$$

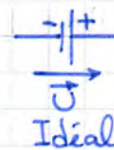
Générateurs et récepteurs :

Un générateur idéal est caractérisé par sa force électro-motrice $\mathcal{E}$

Un générateur réel est caractérisé par sa force électro-motrice $\mathcal{E}$ et sa résistance interne r. Il délivre à ses bornes la tension : $U = \mathcal{E} - rI$.



Réel



Idéal

Associations de générateurs :

Gs $(\mathcal{E}_i, r_i)$ en série :

$$\mathcal{E} = \sum_i \mathcal{E}_i \qquad r = \sum_i r_i$$

nGs $(\mathcal{E}_0, r_0)$ en parallèle :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \qquad r = \frac{r_0}{n} .$$

(Suite → voir résumé)